Das Chlorisotop Cl^{39}

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde

genehmigt

von der Philosophischen Fakultät
der Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Berlin

von

Joachim Böhme
aus Berlin-Charlottenburg

*

Tag der mündlichen Prüfung: 18. Februar 1932
Tag der Promotion: 9. Mai 1932

250

Referenten:

Prof. Dr. Hettner

Prof. Dr. Nernst

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Diese Arbeit erschien in der „Zeitschrift für Physik“,
Band 79, Heft 1/2, S. 95

(Verlag von Julius Springer, Berlin, 1931)

Das Chlorisotop Cl^{39}.

Von **G. Hettner** und **J. Böhme** in Berlin.

Mit 4 Abbildungen. (Eingegangen am 27. Juli 1931.)

Mittels eines Echelettegitters mit 142 Furchen/mm wurde die HCl-Oberbande bei 1,76 μ mit großer Dispersion untersucht. Durch diese Messungen wurde die Existenz des Chlorisotops Cl^{39} sichergestellt.

Einleitung. Die HCl-Oberbande bei 1,76 μ ist u. a. im Jahre 1919 von Imes[1]) untersucht worden. Es zeigte sich, daß die einzelnen Linien der Bande von je einer schwächeren Komponente begleitet waren, deren Bedeutung von Kratzer und Loomis[2]) erkannt wurde. Sie stellten nämlich fest, daß die nach längeren Wellen verschobene Komponente dem Isotop des Chlors von der Kernmasse 37 zuzuordnen sei, daß man es also mit zwei sich überlagernden Rotationsschwingungsbanden von HCl^{35} und HCl^{37} zu tun habe. Meyer und Levin[3]) unterzogen 1929 die HCl-Oberbande einer sehr genauen Prüfung; in ihren Kurven sind die in den Imesschen Messungen nur schwach erscheinenden Komponenten als sehr scharf ausgeprägte Nebenmaxima zu erkennen.

Bei einer Untersuchung über die Form und Breite ultraroter Spektrallinien fand H. Becker[4]) bei der Linie (+ 3) der ersten HCl-Oberbande eine Andeutung eines weiteren Nebenmaximums, von dem er vermutete, daß es einem dritten Chlorisotop mit der Kernmasse 39 zuzuschreiben sei. Da die Länge seines Absorptionsrohres (5,1 cm) für eine genauere Untersuchung dieses Nebenmaximums viel zu klein war und die geringe Lichtstärke seines Gitters eine größere spektrale Auflösung nicht erlaubte, wurde vorliegende Arbeit unternommen, um eine Klärung hinsichtlich der Existenz von Cl^{39} herbeizuführen; es sei dabei erwähnt, daß Aston[5]) auf Grund seiner Massenspektrogramme an der Existenz von Cl^{39} zweifelt.

Die Apparatur. Im wesentlichen wurden die einzelnen Teile der H. Beckerschen Apparatur benutzt. Von der Strahlungsquelle, einer 100 Watt-Kinolampe für 30 Volt, wurde das Licht durch einen Hohlspiegel H_1 über einen kleinen Planspiegel auf den Eingangsspalt S_1 eines

[1]) E. S. Imes, Astrophys. Journ. **50**, 251, 1919.

[2]) A. Kratzer, ZS. f. Phys. **3**, 460, 1920; F. W. Loomis, Astrophys. Journ. **52**, 248, 1920.

[3]) C. F. Meyer u. A. Levin, Phys. Rev. **34**, 44, 1929.

[4]) H. Becker, ZS. f. Phys. **59**, 583, 601, 1930.

[5]) F. W. Aston, Isotope, S. 71. (Deutsche Übersetzung im Verlag Hirzel, Leipzig 1923.)

Gitterspektrometers mit Autokollimation abgebildet. Der Spalt stand in der Brennebene eines Hohlspiegels H_2 ($f = 500$ mm; Durchmesser = 70 mm), der das Licht auf ein Woodsches Echelettegitter G warf. Vom Gitter gelangte das zerlegte Licht wieder auf den Hohlspiegel H_2 und von dort zum Austrittsspalt S_2, der vom Spalt S_1 einen Abstand von 14 mm hatte. Durch einen Hohlspiegel H_3 wurde der Spalt S_2 auf das Meßinstrument R, ein Hettnersches Radiometer abgebildet. Zwischen S_2 und H_3 befand sich ein 31,5 cm langes Absorptionsrohr A (Fig. 1).

Das Echelettegitter hat eine Gitterfläche von 77×63 mm² mit 142,13 Strichen/mm (3610 Striche/inch.), d. h. mit einer Gitterkonstante von $7{,}0358 \cdot 10^{-3}$ mm. Die maximale Intensität, die das Gitter zu liefern vermag, fällt im Spektrum erster Ordnung in das Gebiet bei 3,5 μ, also im Spektrum zweiter Ordnung in das Gebiet bei 1,75 μ. Die theoretische Auflösungsgrenze des Gitters liegt für das Spektrum zweiter Ordnung in

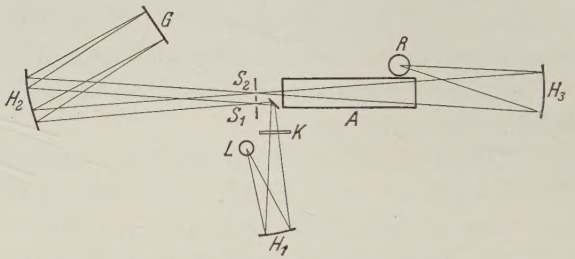

Fig. 1. Schematischer Strahlengang.

der Größenordnung von 1 Å, so daß ein Abstand der Meßpunkte von ungefähr 1 Å der Leistungsfähigkeit des Gitters entsprach.

Das Gittertischchen des Spektrometers konnte durch eine fein einstellbare Teiltrommel (Durchmesser = 70 mm) mittels einer biegsamen Welle vom Beobachtungstisch aus gedreht werden. Die Trommelteilstriche wurden mit Hilfe eines Fernrohres abgelesen. Die Schraube der in 250 Striche geteilten Trommel besaß bei einem Durchmesser von 5 mm eine Ganghöhe von 0,25 mm. Um sie auf ihre Leistungsfähigkeit hin zu prüfen, schlugen wir folgenden Weg ein. Auf das Spektrometertischchen wurde parallel zur Drehachse ein Planspiegel aufgestellt. Durch einen vor dem Spiegel befindlichen zweiten Planspiegel wurde das Bild einer 5,5 m entfernt stehenden, beleuchteten Skale mehrere Male hin und her reflektiert und dann in einem Fernrohr beobachtet. Dadurch erreichten wir, daß bei Drehung um einen Trommelteil (das entspricht einer Drehung des Tischchens um 2,8″) im Fernrohr eine Weiterbewegung der Skale um 0,7 mm statt-

fand. Die Skalenteile als Funktion der Trommelteile aufgetragen ergaben eine gerade Linie, deren Punkte keine systematischen Fehler zeigten.

Das Absorptionsrohr (31,5 cm Länge und 5 cm Durchmesser) wurde aus schwer schmelzbarem Glas von der Firma Schott & Gen., Jena, hergestellt. An den Enden war es durch angeschweißte Glasplatten verschlossen. Die Hähne in den Zuleitungen wurden mit Paraffin gedichtet. Nach der Füllung mit gut getrocknetem HCl wurde es fest in die Apparatur eingebaut. Nach den Messungen mit HCl wurde das Rohr mit trockener Luft gefüllt und die einfallende Strahlung bei der gleichen Lage des Rohres gemessen.

Das mit einem Quarzfenster versehene Radiometer stand auf einer Juliusschen Aufhängung mit Wattedämpfung. Bei einer halben Schwingungsdauer von 11 Sekunden besaß es eine Empfindlichkeit von 12 m Ausschlag bei 1 m Skalenabstand und 1 m Entfernung der Hefnerkerze. Zur Spiegelablesung diente eine von rückwärts sehr hell beleuchtete Mattglasskale.

Die Reinheit der Strahlung konnte durch Einschalten eines 1 mm starken Schottschen BG3-Filterglases geprüft werden, das im Gebiet bei 1,7 μ ungefähr 19% durchläßt, dagegen eine etwa vorhandene Fremdstrahlung aus dem Spektrum dritter Ordnung bei 1,19 μ zu 60% durchläßt. Es wurde festgestellt, daß im Höchstfalle 3% verunreinigende Strahlung vorhanden war. Zur Unterbrechung der Strahlung war zwischen Hohlspiegel H_1 und Planspiegel des Spektrometers eine Klappe K angebracht, die aus einer zwischen zwei dünnen Glasplatten eingeschlossenen Wasserschicht von 2 mm Dicke bestand. Die vordere Glaswand war so weit verlängert, daß sie beim Ziehen der Klappe im Strahlengang blieb, um die Reflexionsverluste annähernd zu kompensieren (vgl. H. Becker, l. c.).

Meßergebnisse. Die Messungen wurden bei einer Spaltbreite von 0,1 mm vorgenommen, was einer spektralen Spaltbreite von 6,8 Å entspricht. Es wurde zuerst die Kurve für HCl aufgenommen, dann für Luft. Der Abstand zweier Punkte ist gleich 0,93 Å, so daß also sieben Punkte auf die Spaltbreite gehen. Fig. 2 zeigt das Ergebnis der Untersuchung. Es handelt sich um die Linien 7 bis 2 auf der kurzwelligen Seite der Bande. Auf der langwelligen Seite der Bande traten infolge der in diesem Gebiet stark zunehmenden Wasserdampfabsorption größere Schwankungen auf. Infolge des festen Einbaues des Rohres vergingen nämlich zwischen den Messungen mit und ohne HCl mindestens mehrere Stunden, in denen sich der Wasserdampfgehalt des Zimmers ändern kann. Der Isotopeneffekt ist aber an den gemessenen sechs Linien sehr deutlich zu sehen. Die Äquidistanz

der Komponenten zur Hauptlinie innerhalb einer Fehlergrenze von ± 1 Å ist sichergestellt.

In der Tabelle 1 sind die beobachteten Wellenlängen der Maxima bzw. Nebenmaxima in μ angegeben, und zwar sind sie bezogen auf die Wellenlänge der Linie 7, die aus der Arbeit von Meyer und Levin (l. c.) entnommen wurde. Es zeigte sich eine gute Übereinstimmung mit den von Meyer und Levin angegebenen Werten (Tabelle 2), so daß es ziemlich

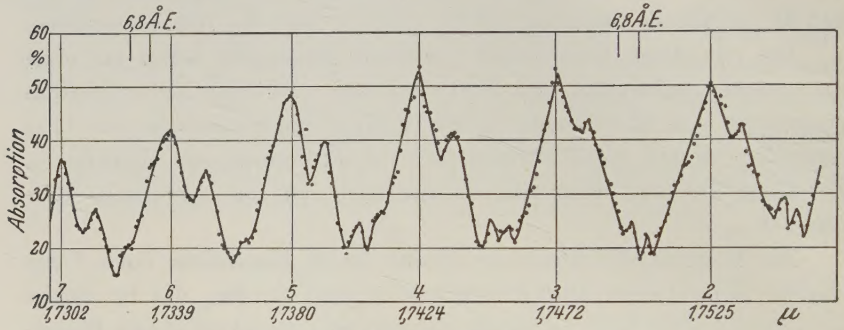

Fig. 2. HCl-Oberbande (kurzwellige Seite).

gleichgültig war, welche der Meyerschen und Levinschen Linien zum Ausgangspunkt gewählt wurde.

Tabelle 1.

Linie	Cl^{35}	Cl^{37}	Cl^{39}	$\Delta\lambda$ Cl^{37} Å	$\Delta\lambda$ Cl^{39} Å
7.	(1,7302)	1,7314	1,732 55	12,0	23,5
6.	1,7339	1,7351	1,736 45	12,0	25,5
5.	1,7380	1,7392	1,740 35	12,0	23,5
4.	1,7424	1,74365	1,744 85	12,5	24,5
3.	1,7472	1,7484	1,749 75	12,0	25,5
2.	1,7525	1,75375	1,754 95	12,5	24,5

Tabelle 2.

(Wellenlängen in μ von Meyer und Levin.)

Linie	Cl^{35}	Cl^{37}	$\Delta\lambda$ Cl^{37} Å
7.	1,7302	1,7315	13,0
6.	1,733 85	1,7351	12,5
5.	1,7380	1,7392	12,0
4.	1,7424	1,7436	12,0
3.	1,7473	1,7484	11,0
2.	1,7525	1,7538	13,0

Nach der Theorie ist für Cl^{37} ein Abstand von $\Delta\lambda = 13{,}54$ Å bzw. $\Delta\nu = 4{,}36\ cm^{-1}$, für Cl^{39} ein Abstand von $\Delta\lambda = 25{,}7$ Å bzw. $\Delta\nu = 8{,}29\ cm^{-1}$ von der Hauptlinie zu erwarten. Für Cl^{37} wurden aber, wie auch schon aus den Messungen von Meyer und Levin (l. c.) hervorging, kleinere Werte gefunden, nämlich 12 ± 1 Å, ebenso für Cl^{39}. Diese Erscheinung ist wohl darauf zurückzuführen, daß durch den steilen Abfall der Kurve das betreffende Maximum der überlagernden Rotationsschwingungsbande zum Hauptmaximum herangezogen wird.

Während die vorstehende Untersuchung im Gange war, erschienen zwei Arbeiten über den Astigmatismus bei Spiegelspektrometern von Czerny und Turner[1]) bzw. Czerny und V. Plettig[2]). Hiernach schien es wünschenswert, von der oben erwähnten Autokollimationsmethode abzugehen, um dafür mit einem zweiarmigen Spektrometer mit zwei Hohlspiegeln zu arbeiten. Jedoch waren auch bei Autokollimation keine allzu großen astigmatischen Fehler zu erwarten. Für den Querschnitt des Strahlenbündels im Spektrometer ist nämlich die Fläche des Gitters von 77×63 mm² maßgebend; das Öffnungsverhältnis des Hohlspiegels war bei einer Brennweite $f = 500$ mm nur ungefähr 1 : 6. Fig. 3 zeigt den neuen Strahlengang.

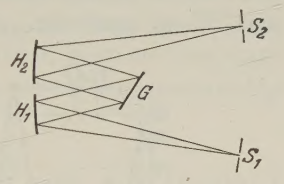

Fig. 3.
Strahlengang im zweiarmigen Spektrometer.

Nach Einbau dieses Spektrometers in die Apparatur wurde ein Teil der Kurve noch einmal gemessen, wieder zuerst mit HCl im Strahlengang, dann mit Luft. Die Hohlspiegel H_1 und H_2 hatten eine Brennweite von 450 mm bei einem Durchmesser von 100 mm. Die spektrale Spaltbreite war daher etwas größer als bei dem zuerst benutzten Spektrometer. Bei einer Spaltöffnung von 0,1 mm betrug die spektrale Breite 7,5 Å. Der Abstand zweier Meßpunkte war 0,91 Å.

Fig. 4 zeigt das Ergebnis dieser Meßreihe; im Vergleich zu Fig. 2 ist eine Verbesserung der Auflösung ersichtlich. Aus dieser Kurve erhält man für die Abstände der Isotopenkomponenten folgende Werte (Tabelle 3).

Auf Grund der vorliegenden Kurven ist wohl an der Existenz von Cl^{39} nicht mehr zu zweifeln. Man könnte daran denken, das fragliche Nebenmaximum einem von dem Schwingungszustand 1 ausgehenden Quantensprung, also $1 \rightarrow 3$, zuzuordnen, jedoch hat man bisher bei Zimmertemperatur nur bei der 3,4 μ-Bande ganz schwache Andeutungen eines vom Zustand 1 ausgehenden Quantensprunges, nämlich $1 \rightarrow 2$, gefunden. Das

[1]) M. Czerny u. A. F. Turner, ZS. f. Phys. **61**, 792, 1930.
[2]) M. Czerny u. V. Plettig, ZS. f. Phys. **63**, 590, 1930.

Tabelle 3.

Linie	Cl^{35}	Cl^{37}	Cl^{39}	$\Delta\lambda$ Cl^{37} Å	$\Delta\lambda$ Cl^{39} Å
5.	1,7380	1,7392	1,740 35	12,0	23,5
4.	1,742 35	1,7436	1,7448	12,5	24,5
3.	1,7471	1,748 35	1,749 55	12,5	24,5
2.	1,7524	1,753 65	1,754 85	12,5	24,5

intensivere Auftreten solcher Linien ist nur bei höherer Temperatur möglich[1]). Außerdem hat H. Becker (l. c.) bereits ausgerechnet, daß die in Frage kommenden Linien an ganz anderen Stellen liegen würden.

An den Linien 5, 4, 3 und 2 ist hinter der zweiten Komponente noch ein weiteres kleines Maximum zu sehen, das wir aller Wahrscheinlichkeit nach, wenn auch mit großer Vorsicht, einem Chlorisotop Cl^{40} zugehörig

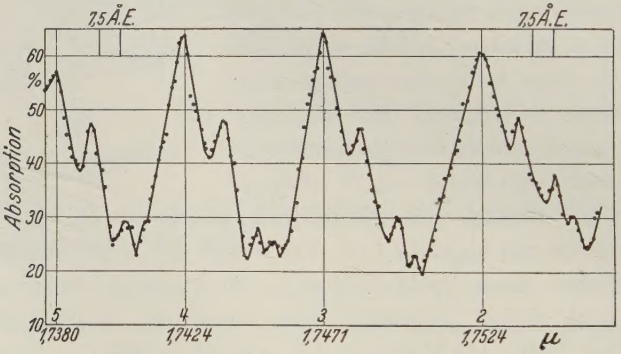

Fig. 4. HCl-Oberbande (kurzwellige Seite).

deuten möchten, da es mit dem aus der Theorie berechneten Wert von $\Delta\lambda = 31{,}30$ Å bzw. $\Delta\nu = 10{,}10\ cm^{-1}$ sehr genau übereinstimmt.

Eine Überlagerung aus dem Spektrum dritter Ordnung, wo sich ja bei 1,19 μ die zweite HCl-Oberschwingung befindet, halten wir in Anbetracht des nur 31,5 cm langen Absorptionsrohres und einer Verunreinigung kleiner als 3% für nicht möglich. Schaefer und Thomas[2]) benutzten zur Auffindung der sehr schwachen zweiten Oberbande bereits ein 1 m langes Absorptionsrohr.

Ein anderer Einwand, der gegen die Existenz der kleinen Nebenmaxima angeführt werden könnte, würde sich auf die Güte des verwendeten Gitters beziehen. Bei Echelettegittern sind meistens störende Geister zu erwarten,

[1]) W. F. Colby, C. F. Meyer u. D. W. Bronk, Astrophys. Journ. **57**, 7, 1923; W. F. Colby, Astrophys. Journ. **58**, 303, 1923.

[2]) Cl. Schaefer u. M. Thomas, ZS. f. Phys. **12**, 330, 1920.

die eine Reihe von Spektrallinien vortäuschen können. Daher wurde das Gitter mit Hilfe einer Hg-Lampe unter Beobachtung der grünen Hg-Linie untersucht. Es zeigten sich bei den intensiveren Spektren, also 5. bis 7. Ordnung, symmetrisch zu den Hauptlinien schwache Geister, deren Intensitäten aber höchstens 1% der Hauptlinie betrugen. Der Abstand der intensiveren Geister von den Hauptlinien im Spektrum zweiter Ordnung war, umgerechnet auf das in Frage kommende Wellenlängenintervall, ungefähr 42 Å. Diese Entfernung ist aber weitaus größer als die der beobachteten Nebenmaxima an der HCl-Oberbande; die Nebenmaxima etwa der nächstfolgenden Hauptlinie zuzuordnen, ist nicht möglich, weil bei dieser Zuordnung sich keine konstanten Abstände ergeben. Diese Abstände wachsen nämlich für Cl^{37} von 26 bis 41 Å, für Cl^{39} von 15 bis 27 Å. Außerdem ist noch zu sagen, daß H. Becker die Andeutung des Cl^{39} mit einem normalen optischen Gitter fand, dessen Geister, wenn sie überhaupt vorhanden waren, sicherlich nicht die gleiche Lage wie bei dem verwendeten Echelettegitter hatten.

Anmerkung bei der Korrektur: M. Ashley und J. A. Jenkins[1]) zweifeln auf Grund von Aufnahmen im Bandenspektrum des AgCl-Dampfes an der Existenz von Cl^{39}. Bevor nicht eine genauere Mitteilung vorliegt, ist es nicht möglich, hierzu Stellung zu nehmen, jedoch halten wir eine Täuschung bei unserer Untersuchung für ausgeschlossen.

Zum Schluß haben wir noch der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft zu danken, mit deren Unterstützung das Echelettegitter von Wood gekauft werden konnte.

Berlin, Physikalisches Institut der Universität, Reichstagsufer 7/8.

[1]) Phys. Rev. **37**, 1712, 1931.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41533911_0097

Lebenslauf

Am 23. November 1904 zu Berlin geboren, besuchte ich, Joachim Böhme, das Kaiserin-Augusta-Gymnasium in Charlottenburg bis Untersekunda, dann die Dühring'sche Privatschule in Wilmersdorf bis Obersekunda. Ab Oktober 1921 bis Oktober 1922 arbeitete ich zunächst als Praktikant in den Präzisionswerkstätten des Technikums in Mittweida, wo ich nebenbei Vorlesungen über Maschinenbau hörte, dann bis Oktober 1923 als Volontär in der Telephon-Apparat-Fabrik von Zwietusch & Co., Charlottenburg. Von Oktober 1923 bis Oktober 1924 war ich als Laborant im Physikalischen Forschungsinstitut der Firma Siemens & Halske tätig.

Hierauf begann ich meine Vorbereitung zum Abiturium, wurde als Gastschüler am Schiller-Realgymnasium zu Charlottenburg aufgenommen und verließ Oktober 1926 diese Anstalt mit dem Reifezeugnis, um mich dem Studium der Physik und Chemie an der Universität Berlin zu widmen.

Ich nahm teil an den Vorlesungen und Übungen der Herren Bieberbach, Bodenstein, Czerny, Feigl, Hammerstein, Henning, Hettner, Hopf, Köhler, v. Laue, Loewner, Mannich, Nernst, Planck, Pringsheim, Skaupy, Spranger, E. Schmidt, F. J. Schmidt, Schrödinger, Schur, Wehnelt.

Im S. S. 1929 begann ich im Physikalischen Institut der Universität Berlin unter Leitung von Herrn Prof. Dr. G. Hettner vorliegende Dissertationsarbeit, die ich im W. S. 1930/31 abschloß.